



Solid/Liquid Separation of Soft Particles : Flux Behavior and Enhancement for Ultrafiltration of Soft Particles

計畫編號：NSC 89-2214-E-032-003

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：鄭東文 淡江大學化學工程學系

計劃參與人員：黃政陽 淡江大學化學工程學系

陳政伶 淡江大學化學工程學系

一、中文摘要

本研究是以 dead-end 恆壓過濾方式進行超過濾實驗，以了解濃度極化層阻力與操作參數之關係，測試之溶液為 Dextran T70 及 Dextran T500 之水溶液及其混合溶液。由恆壓過濾試驗，可得知在不同操作參數（壓差、溶液組成及薄膜傾斜角度）下，濃度極化層過濾比阻及孔隙度的差異。實驗結果得知，過濾壓力越大時，其過濾阻力會隨之增加；薄膜傾斜角度為 90 度時，平均孔隙度最大；而當角度為 0 度時，平均過濾比阻最大。就不同溶液的影響，發現混合溶液比單一溶質溶液有較大的平均過濾比阻，而 Dextran T70 溶液之比阻較 Dextran T500 溶液大。不同阻隔分子量薄膜的實驗結果，發現大阻隔分子量薄膜系統有較小之平均孔隙度。

關鍵詞：超過濾、孔隙度、過濾比阻、濃度極化

Abstract

The resistance of the rejected-solute layer in the ultrafiltration was studied based on the dead-end experiment in the present work. The ultrafiltration experiments were conducted in an inclined membrane module. The ultrafiltration liquids were the aqueous solutions of the mixture of dextran T70 and dextran T500. Filtration behavior and filtration characteristics (the specific resistance and porosity of rejected-solute layer) have been analyzed on the basis of the conventional cake filtration theories. The

operating conditions included the inclination angles of the membrane, transmembrane pressures, feed compositions and concentrations. Experimental results show that the average porosity decreases with the increase in transmembrane pressure, while the specific resistance increases with the transmembrane pressure. The mixture solution has a larger average resistance than single-solute solution. The operation with 90° inclination angle has a larger porosity than the operation with 0° or 180° inclination, and the operation with 0° inclination has the largest resistance.

Keywords: ultrafiltration, porosity, specific resistance, concentration polarization

二、計劃緣由與目的

超過濾在工業程序的最初發展，是為了處理廢水的問題。傳統之廢水處理，大多以物理、化學或生物法，減少其中之有害物質至某一程度後排放，其原理是將污染物分解或吸除，此污染物無法回收利用，且處理費用也隨污染物量的增加而增加。今日超過濾程序，不僅可將廢水中有用物質回收，降低原料成本，同時處理後之水可循環使用，減少廢水量，達到減廢之效果。發展至今，超過濾應用的範圍已相當廣泛，如食品工業，製藥工業、生物技術及生醫工程等。然而超過濾進行中，溶液中的溶劑能透過薄膜，而溶質則被薄膜阻隔而在薄膜表面上累積，在此種情況下，靠近薄膜表面處之濃度必然高於整體濃度，此現象即濃度極化。濃度極化會造成濾速的降低，影響過濾的進行。為減

少溶質之累積，最直接的方法是促使溶質擴散回整體溶液處的速率增加。濃度極化現象主要與溶液性質及操作條件，如透膜壓差、進料濃度、掃流速度、溫度、電場等有關。

為清楚了解溶液性質及操作條件對巨分子超過濾系統中濃度極化現象之影響，吾人將以dead-end型式之超過濾系統，探討在一維之座標系統，單一參數改變下之濾速行為。

三、研究方法與成果

研究方法

3.1 實驗裝置

圖一為恆壓過濾超過濾實驗裝置圖。測試溶液置於濾室中，而壓力槽內置入溶液，利用空氣來加壓，經由壓力閥來調節進口壓力的大小，而壓力的偵測是利用壓力傳送器（E713, Bourden Sedme Co.）測量，測量點在壓力槽的進口處，而濾液的流量是由電子天秤（E0D120, OHAUS Co.）連接數據擷取系統經由電腦記錄，因濾液幾乎為純水，而用來加壓的液體為蒸餾水，所以可以保持濾室內濃度的恆定。

圖二所示為附有銳孔板裝置之濾室示意圖，本實驗系統中，濾室高度為2.4 mm，過濾面積為483 mm²，銳孔板的孔面積為75.36 mm²。由此過濾裝置所測得之濾速曲線，如圖三所示，可得出濃度極化層之平均孔隙度及平均過濾比阻。

使用之薄膜為平板式高分子薄膜（SPECTRUM, Cellulose Ester, MWCO為10 kDa和50 kDa兩種），測試溶質為Dextran T500（Pharmacia Co., Mw=473000, Mw/Mn=2.4）、及Dextran T70（Pharmacia Co., Mw=69000, Mw/Mn=1.6），配製溶液之溶劑為蒸餾水。Dextran T70及Dextran T500之固體密度（ ρ_s ），經由測定，分別為1007 kg/m³及1014 kg/m³。

3.2 操作條件

- (1) 進料濃度及組成：溶質有Dextran T500及Dextran T70兩種，進料總濃度為3 g/l，進料組成為 x （Dextran T500之重量組成）為0、0.5及1.0。
- (2) 薄膜傾斜角度：薄膜的傾斜角度有0度（薄膜在下測）、90度及180度（薄膜在上測）。
- (3) 透膜壓差：進口的透膜壓差操作在

0.5、1.0、1.5及2.0 kg/cm²下。

四、討論與結論

4.1 過濾壓力之影響

圖四和圖五為不同角度下的濾性比較，我們可以觀察到角度在90度時，其平均孔隙度最大。當角度為0度和180度時，其過濾壓差的方向和重力的方向皆為平行，其濃度極化層會受到過濾壓差和重力的擠壓，而堆積得比較緊密，因此其過濾的平均孔隙度會比重力方向和壓力方向垂直的90度為小。而在操作角度為180時，其平均孔隙度又較0度時為小，這是因當過濾方式為壓力向上時，濃度極化層會因受重力的影響而有自然對流的現象，所以當溶質慢慢在薄膜表面累積時，堆積較鬆散的溶質很容易就因自然對流作用而跑回整體溶液處，而累積於薄膜之上的溶質則更為緊密。

就平均過濾比阻而言，在操作角度為180度的情況下其過濾比阻有最小值，90度時次之，而0度的情況下其阻力最大。當角度在180時，雖然其平均孔隙度較小，也就是其濃度極化層中溶質堆積的情況較為緊密，但是因重力作用，其濃度極化層不一定和薄膜之間的很近，而可能與薄膜之前有空隙，所以其過濾時所受到的阻力也就最低。在操作角度90度時，其濃度極化層雖然有最小的平均孔隙度，但其平均過濾比阻仍較180度時為大，因為其濃度極化層會緊靠著薄膜表面開始累積，自然對流現象也不若180度時大，所以其阻力值反而較大。在0度操作時，其濃度極化層所產生的濃度梯度，沒有重力的作用而產生自然對流的現象，所以其平均過濾比阻最大。

4.2 溶液組成之影響

圖六和圖七為溶液組成不同時，平均過濾比阻及平均孔隙度的比較圖。濃度極化層之平均孔隙度，以Dextran T500之溶液為最大，而以Dextran T70及T500之混合溶液為最小。這是因大分子之堆積層，其間之孔隙度較大，而混合溶質系統，則因小分子與大分子間緊密排列，而得出較小之孔隙度。而平均過濾比阻以混合溶液系統最大，Dextran T70次之，Dextran T500最小。

混合溶液系統，其平均孔隙度比單一溶質要小，也就是其濃度極化層較為緊密，所得到的平均過濾比阻也就較單一溶質的溶液為大。當溶液中有兩種溶質時，較大的分子會因受力面積較大，而所受壓力較大，會先堆積薄膜的表面，當較小分子也同樣因受力而到薄膜表面時，小分子會堆積在大分子間之孔隙，使得其結構更為緊密，造成孔隙度的下降。

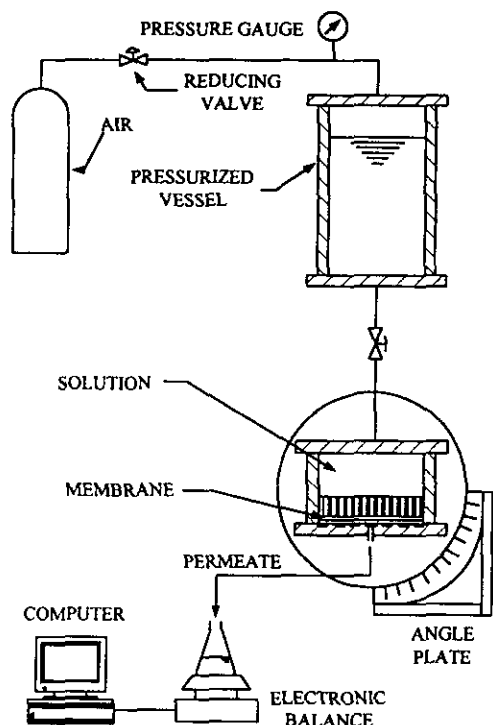
4.3 薄膜阻隔分子量之影響

由圖八和圖九為不同阻隔分子量薄膜之結果比較圖，由圖可看出50K MWCO薄膜其濃度極化層之孔隙度較小，而過濾比阻則較大。這是因50K MWCO之薄膜，其濾速較10K MWCO之薄膜為大，因此溶質被帶往薄膜之拖曳力亦較強，因此其堆積層將較為緊密。

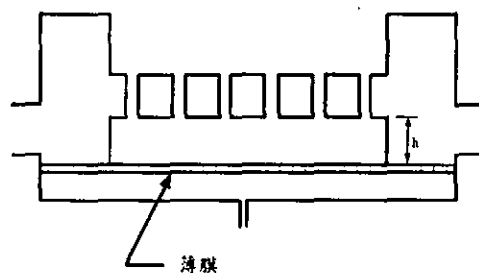
五、參考文獻

- Iritani, E., Nakatsuka, S., Aoki, H. and Murase, T., "Effect of Solution Environment on Unstirred Dead-End Ultrafiltration Characteristics of Proteinaceous Solution," J. Chem. Eng., Japan, 24, 177 (1991).
- Iritani, E., Hattori, K. and Murase, T., "Analysis of Dead-End Ultrafiltration Based on Ultracentrifugation Method," J. Membrane Sci., 81, 1 (1993).
- Iritani, E., mukai, Y. and Murase, T., "Properties of Filter Cake in Dead-End Ultrafiltration of Binary Protein Mixtures with Retentive Membranes," Trans IChemE, 73, 551 (1995).
- Iritani, E., Toyoda, Y. and Murase, T., "Effect of Solution Environment on Dead-End Microfiltration Characteristics of Rutile Suspensions," J. Chem. Eng., Japan, 30, 614 (1997).
- Rodgers, V. G. J. and Sparks, R. E., "Effect of Transmembrane Pressure Pulsing on Concentration Polarization," J. Membrane Sci., 68, 149 (1992).
- Wu, Y., "An Analysis of Constant-Pressure Filtration," Chem. Eng. Sci., 49, 831 (1994).
- Yazhen Xu-Jiang, J. Dodds and D. Leclerc, "Cake Characteristics in Crossflow and Dead-End Microfiltration," Fil. & Sep., September, (1995).

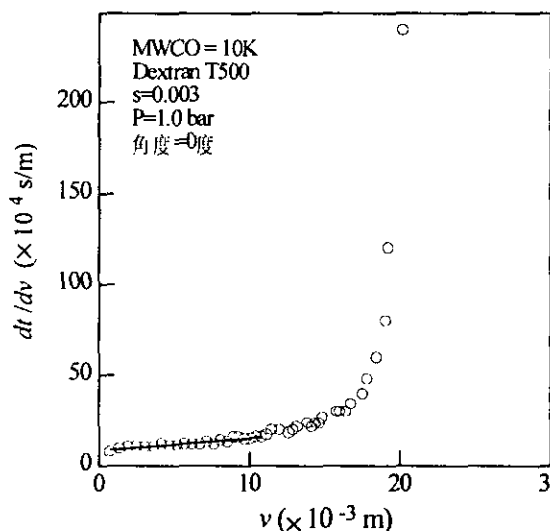
六、圖表



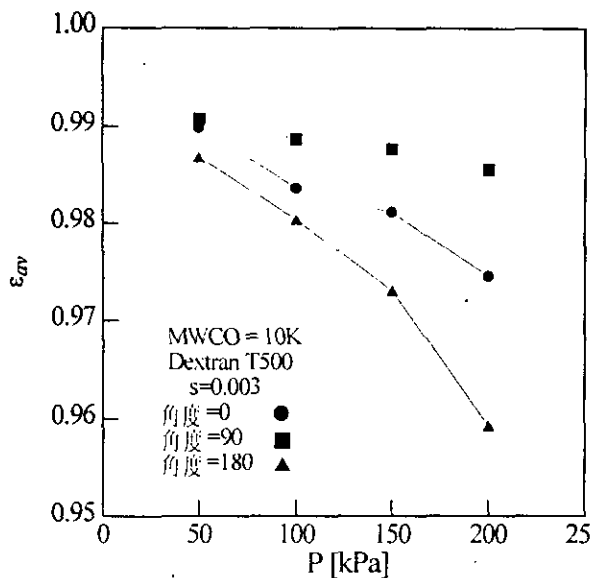
圖一 實驗裝置圖



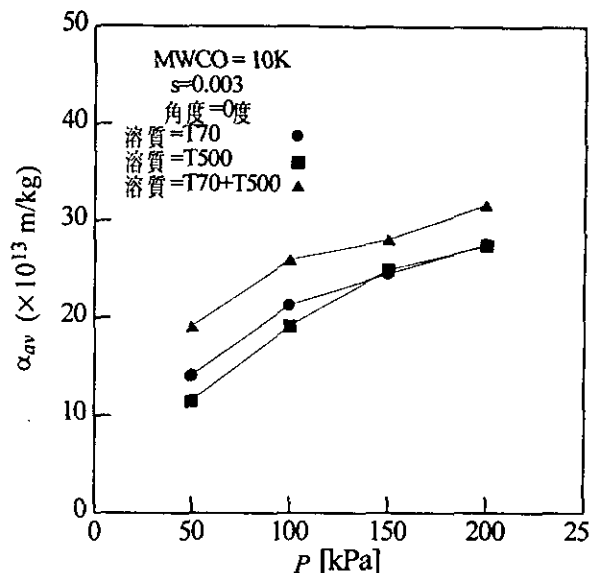
圖二 濾室示意圖



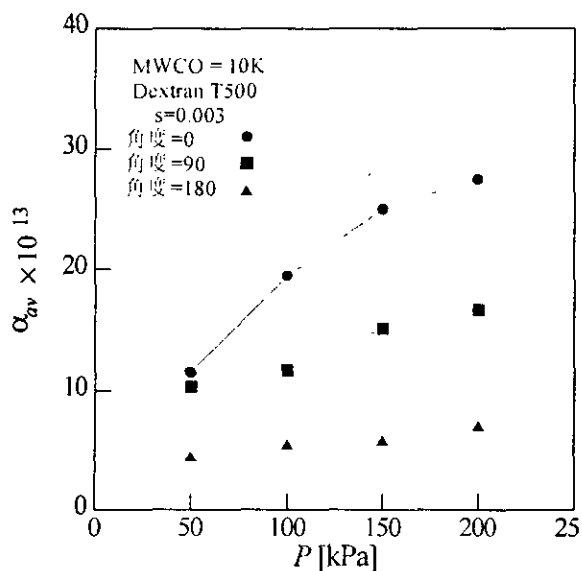
圖三 濾速與單位膜面積濾液量之關係圖



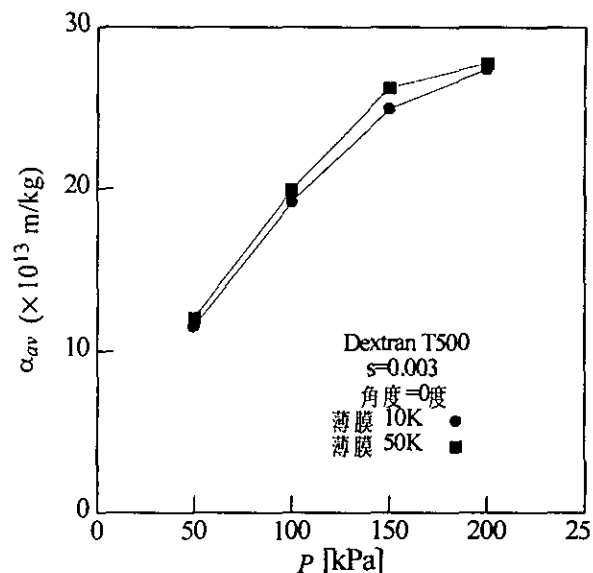
圖四 不同角度下之平均孔隙度對壓力作圖



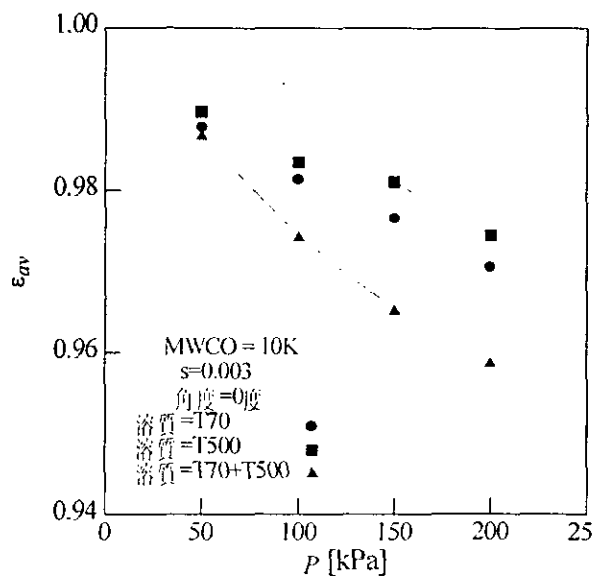
圖七 不同溶質下之平均過濾比阻對壓力作圖



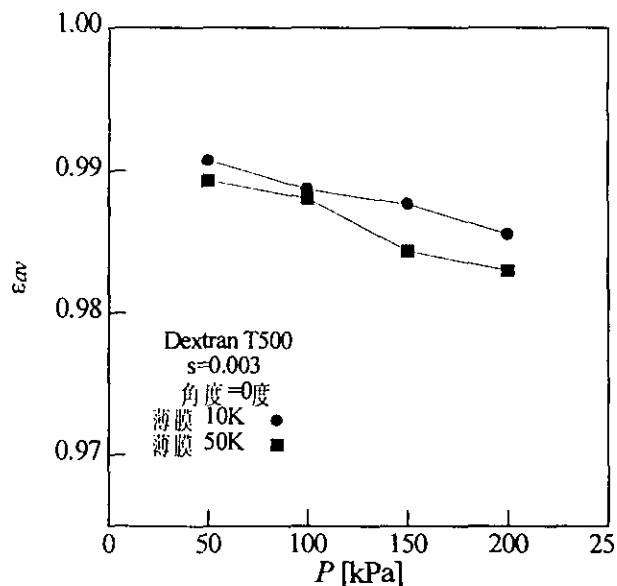
圖五 不同角度下之平均過濾比阻對壓力作圖



圖八 不同薄膜下之平均過濾比阻對壓力作圖



圖六 不同溶質下之平均孔隙度對壓力作圖



圖九 不同薄膜下之平均孔隙度對壓力作圖